

# Introduction aux systèmes embarqués et l'internet des objets

Dr Ghazi Aziz

Mr Ghazi Aziz

1

## Sommaire



- I. Introduction : Qu'est-ce qu'un système embarqué?
- II. Caractéristiques principales d'un système embarqué
- III. Les contraintes de temps et les systèmes embarqués
- IV. L'art de bien concevoir un système embarqué
- V. Hétérogénéité des architectures processeurs
- VI. Les logiciels libres et les systèmes embarqués
- VII. Systèmes embarqués communicants IoT
- VIII. Applications d'internet des objets

Mr Ghazi Aziz

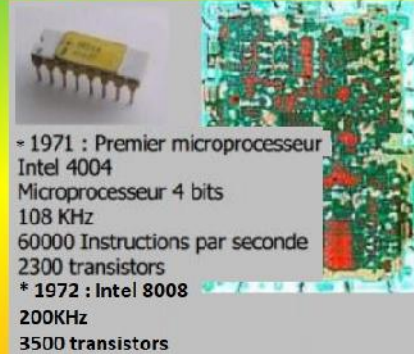
2

# I. Introduction :

## Historique :

- 1971 / 1972: 1er microprocesseur, le 4004 d'Intel puis le 8008
- 1972: Micro-ordinateur Micral (R2E, rachetée ensuite par Bull)
- 1973: Langage C pour le développement d'Unix
- 1974: Premier microprocesseur Motorola: 6800
- 1975: Micro-ordinateur Altair 8800 (MITS), à base d'Intel 8080
- 1976 / 1977: Apple I (200 p) puis Apple II (produit jusqu'en 1988)
- 1981: IBM PC et MS-DOS
- 1982: Définition du protocole TCP/IP et du mot Internet
- 1983: Création du C++
- 1984: Sortie du Macintosh et de Mac OS
- 1989: Invention du World Wide Web
- 1991: Premier noyau Linux 0.01
- 1993: Mosaic, le premier navigateur web
- 1995: Création du langage de programmation Java

Mr Ghazi Aziz



~ 1971 : Premier microprocesseur  
Intel 4004  
Microprocesseur 4 bits  
108 KHz  
60000 Instructions par seconde  
2300 transistors  
\* 1972 : Intel 8008  
200KHz  
3500 transistors



# I. Introduction :

- 1996: Première version de la norme USB
- 2000: Premier Baladeur MP3 à disque dur (Archos)
- 2003: le nombre d'utilisateurs Linux est estimé à 18 millions
- 2007: Premier Iphone
- 2009: Première tablette sous Android
- 2011: Les ventes de smartphones dépassent celles de PC
- 2014: Le nombre de sites web dans le monde dépasse le milliard

Mr Ghazi Aziz



# I. Introduction :

## Qu'est-ce qu'un système embarqué?



Beaucoup d'exemple autour de nous !

Définition : « Un système embarqué peut être défini comme un système électronique et informatique autonome, qui est dédié à une tâche bien précise mais n'est pas un ordinateur d'usage général »

- le logiciel embarqué étant enfoui (ou noyé) dans le matériel
- 90 % des microprocesseurs sont fabriqués comme des composants de systèmes embarqués

Mr Ghazi Aziz

5

# I. Introduction :

## Exemples de systèmes embarqués

Systèmes embarqués  
Exemples

Multi-Tâche  
Linux  
Androis

Multi-processeur

04.05.2014

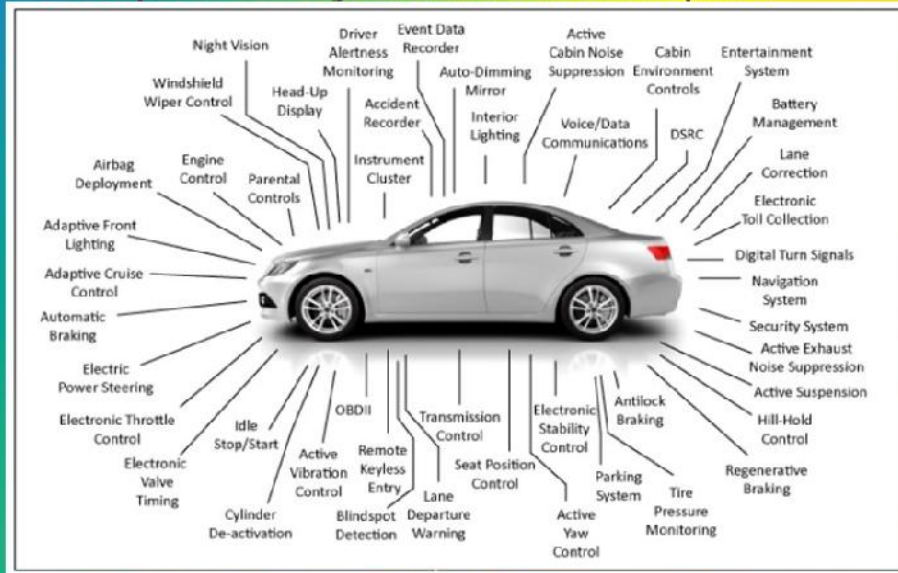
Rolf Ziegler

1. Bête au dressage  
2. Système de gestion d'usine  
3. Contrôle de trafic aérien  
4. Contrôle de trafic maritime  
5. Contrôle de trafic routier  
6. Contrôle de trafic ferroviaire  
7. Contrôle de trafic aérien  
8. Contrôle de trafic maritime  
9. Contrôle de trafic routier  
10. Contrôle de trafic ferroviaire

6

# I. Introduction :

- Exemples de systèmes embarqués



7

## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

- C'est un système principalement numérique.
- Il met en œuvre généralement un processeur.
- Il exécute une application logicielle dédiée pour réaliser une fonctionnalité précise et n'exécute donc pas une application scientifique ou grand public traditionnelle.
- Il n'a pas réellement de clavier standard (Bouton Poussoir, clavier matriciel...). L'affichage est limité (écran LCD...) ou n'existe pas du tout.
- Ce n'est pas un PC en général mais des architectures similaires (x86) basse consommation
- Un système embarqué n'exécute qu'une application dédiée.
- Que l'interface IHM peut être aussi simple qu'une led qui clignote ou aussi complexe qu'un cockpit d'avion de ligne.
- Que des circuits numériques ou des circuits analogiques sont utilisés en plus pour augmenter les performances du système embarqué ou sa fiabilité.

8

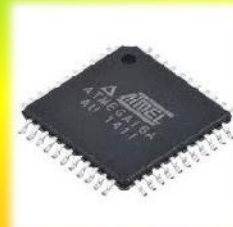


## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

Les grands secteurs de l'embarqué concernent les domaines suivants :

- Jeux et calcul général : application similaire à une application de bureau mais empaquetée dans un système embarqué : jeux vidéo, set top box...
- Contrôle de systèmes : automobile, process chimique, process nucléaire, système de navigation...
- Traitement du signal : radar, sonar, compression vidéo...
- Communication et réseaux : transmission d'information et commutation, téléphonie, Internet...

## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

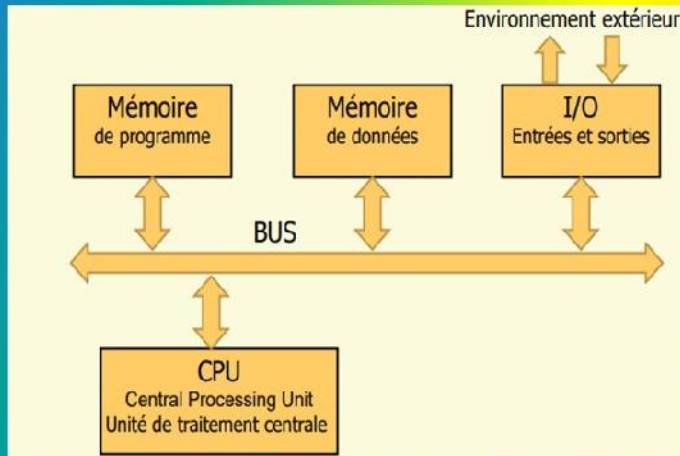


### Architecture d'un système embarqué :

- Réalisé autour d'un micro-contrôleur (uC)
  - uC est un système à processeur dans un seul chip (SoC)
  - comprend: processeur, mémoire, GPIO (entrées/sorties simples configurables), contrôleur de bus, contrôleur d'interruption, contrôleur d'écran, USB, Ethernet, ...
  - très bon rapport performance/prix et performance/consom.
- Ensemble compact (volume optimisé)
- Démarrage autonome du système (boot)
  - pas de disque dur, utilisation de mémoire flash, ...
- Généralement pas d'extension possible
  - construction non modulaire

## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

- Principe architecture von Neumann :



- ☐ CPU Central Processing Unit
  - unité de traitement centrale
- ☐ Mémoire
  - Stockage du programme et des données
- ☐ Entrées & sorties
  - Connexion avec l'environnement extérieur
- ☐ Bus
  - Interconnexions entre les 3 unités

Mr Ghazi Aziz

11

## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

### Le CPU :

- ☐ Maître du système

- ☐ Son rôle:

- chercher une instruction dans la mémoire
- décoder cette instruction
- exécuter l'instruction
  - transférer des données
  - réaliser une opération, un calcul
  - ....
- calculer l'adresse de la prochaine instruction



Mr Ghazi Aziz

12



## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

### La mémoire :

☐ Permet de stocker le programme et les données

☐ Plusieurs types

- mémoires volatiles (RAM, SRAM, DRAM, ..)
  - mémoires non-volatiles (EPROM,EEPROM,..)
  - mémoires de masses (disque dur, bande, ...)
- celles-ci seront considérées comme des entrées/sorties



Mr Ghazi Aziz

13

## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

### Exemple de memory map :

- ☐ L'espace d'adressage total est  $2^{32} = 4\text{GB}$   
0x00000000–0xFFFFFFFF
- ☐ Chaque zones mémoires occupe un espace d'adressage:
- Internal ROM 64KB 0x00000000 - 0x0000FFFF
  - Internal SRAM 64KB 0x00010000 - 0x0001FFFF
  - External SDRAM 1GB 0x80000000 - 0xBFFFFFFF
  - External Flash 1GB 0xC0000000 – 0xFFFFFFFF
- ☐ Les registres des périphériques occupent l'espace d'adressage:
- 16MB 0x48000000 – 0x49FFFFFF

|                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| Internal ROM (boot)  | 0x0000_0000<br>0x0000_FFFF |
| Internal SRAM        | 0x0001_0000<br>0x0000_FFFF |
| Reserved             | 0x0001_0000<br>0x3FFF_FFFF |
| Peripheral Registers | 0x4800_0000<br>0x48FF_FFFF |
| Reserved             | 0x4900_0000<br>0x7FFF_FFFF |
| External SDRAM       | 0x8000_0000<br>0xBFFF_FFFF |
| External Flash       | 0xC000_0000<br>0xFFFF_FFFF |

Mr Ghazi Aziz

14

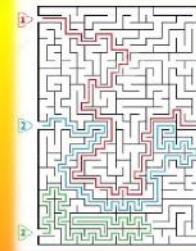
## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

### Les entrées & sortie :

☐ Connexion avec l'environnement extérieur

- Clavier
- Ecran
- Convertisseur A/D et D/A
- Capteurs divers (température, pression, mouvement, ..)
- Mémoires de masse (disque dur, clé USB, ...)
- ....

Indispensable pour le fonctionnement de l'ensemble



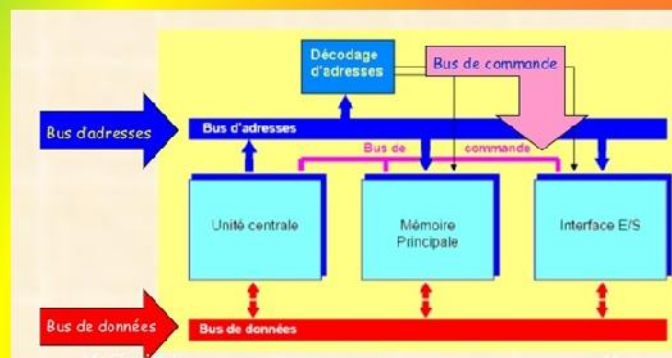
## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

### Les Bus :

☐ Interconnecte les 3 blocs principaux

- Commun à tous, donc nécessaire de définir un plan d'adressage (éviter les conflits!)
- Le CPU est le maître
- L'ensemble de bus comprend 3 parties :

- Bus d'adresse QUI
- Bus de données QUOI
- Bus de contrôle COMMENT





## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

### Les E/S dans les systèmes embarqués

#### ☐ Entrées simples:

- Boutons poussoirs, interrupteurs, contact, ...

#### ☐ Sorties simples:

- Leds, affichage 7 segments, ...

#### ☐ Ecran, écran tactile (touch screen)

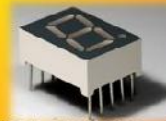
#### ☐ Moyen de communication:

- GSM, GPRS, Wifi, Bluetooth, ...

- ☐ GPS, accéléromètres

- ☐ Capteurs de grandeurs physique: ▪ température, pression, courant, distance, ...

- ☐ Signaux analogiques: convertisseurs A/D et D/A



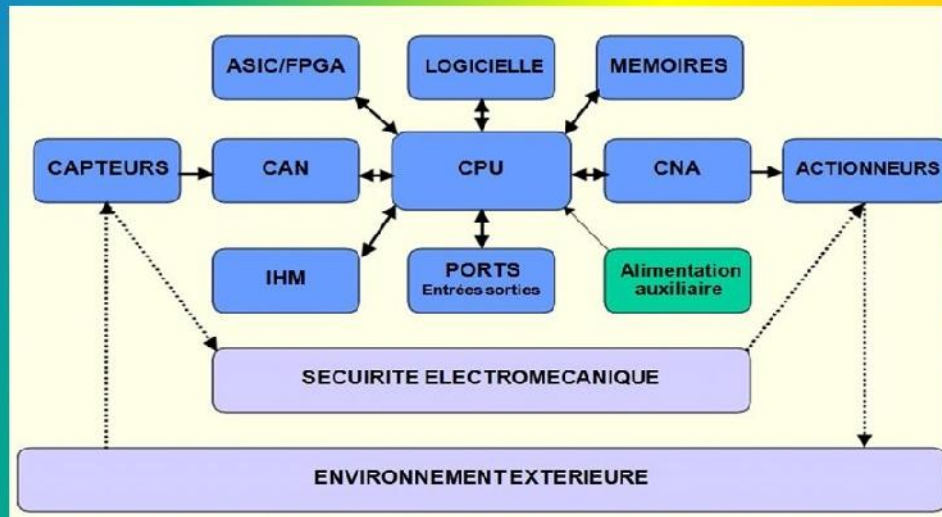
20/02/2020

## Récapitulatif

1. Qu'est ce qu' un système embarqué ?
2. Donnez quelques exemples de SE ?
3. Quels sont les grands secteurs de l'embarqué ?
4. Quelles sont les composantes d'un SE ?
5. Quel est le rôle du CPU ?
6. Quel est le rôle de la mémoire ? Quel est le rôle des E/S ? donnez des exemples
7. Quel est le rôle du BUS système ?

## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

- Architecture d'un système embarqué :



Mr Ghazi Aziz

19

## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

### Différence ASIC / FPGA

1. Un ASIC est un type unique de circuit intégré destiné à une application spécifique, tandis qu'un FPGA est un circuit intégré reprogrammable..
2. Un ASIC ne peut plus être modifié une fois créé, alors qu'un FPGA peut.
3. Il est de pratique courante de concevoir et de tester sur un FPGA avant de le mettre en œuvre sur un ASIC..
4. Un ASIC gaspille très peu de matériel par rapport à un FPGA et les coûts récurrents sont faibles.
5. FPGA est meilleur qu'un ASIC pour la construction de circuits de production à faible volume.

Mr Ghazi Aziz

20

FPGA : (Field-Programmable Gate Array) ASIC : (application-specific integrated circuit)



## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

un système embarqué doit faire face à des environnements plus hostiles. Il doit faire face à un ensemble de paramètres agressifs :

- Variations de la température.
- Vibrations, chocs.
- Variations des alimentations.
- Interférences RF.
- Corrosion.
- Eau, feu, radiations. ...

## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

- les systèmes embarqués sont aujourd'hui fortement communicants. Cela est possible grâce aux puissances de calcul offertes par les processeurs pour l'embarqué et grâce aussi à l'explosion de l'usage la connectivité Internet.
- La connectivité IP permet fondamentalement de contrôler à distance un système embarqué par Internet. Ce n'est en fait que l'aboutissement du contrôle à distance d'un système électronique par des liaisons de tout type : liaisons RS.232, RS.485, bus de terrain...

## II. Caractéristiques principales d'un système embarqué

- Il faut aussi noter la montée en puissance des **communications sans fil** dans l'embarqué au détriment des communications filaires pour limiter le câblage et faciliter la mise en place du système embarqué. Le Wifi et toutes les normes de réseaux sans fil IEEE 802.15 comme Zigbee dans l'embarqué et surtout en domotique (réseaux de capteurs sans fil par exemple).

## III. Les contraintes de temps et les systèmes embarqués

### Temps réel en embarqué :

- un système embarqué doit généralement respecter des contraintes temporelles fortes (Hard Real Time) et l'on y trouve enfoui un système d'exploitation ou un noyau Temps Réel (Real Time Operating System, RTOS)
- Définition : « Un système est dit Temps Réel lorsque l'information après acquisition et traitement reste encore pertinente ».
- cela veut dire que dans le cas d'une information arrivant de façon périodique (sous forme d'une interruption périodique du système), les temps d'acquisition et de traitement doivent rester inférieurs à la période de rafraîchissement de cette information.



# III. Les contraintes de temps et les systèmes embarqués

## Contraintes temps réel mou/dur

Dans les systèmes temps réel, on distingue souvent entre les contraintes temps réel mou et temps réel dur.

- **temps réel mou** (souple) lorsque le système respecte souvent la spécification temporelle mais pas toujours. Dans ce cas le comportement temporel n'est pas toujours prévisible. Les conséquences de la non-conformité sont ennuyeuses mais pas graves. Exemple : la diffusion d'un film sur un appareil portatif qui s'effectue de façon « saccadée ».
- **temps réel dur** lorsque le système respecte toujours les spécifications temporelles. Le système présente alors un comportement temporel déterministe. L'automation industrielle et les applications liées à la sécurité constituent les domaines typiques pour les systèmes temps réel dur (ex. airbag).

# III. Les contraintes de temps et les systèmes embarqués

## Réalisation des contraintes temps réel

Les conditions suivantes doivent être remplies afin de pouvoir respecter les temps de réponse requis :

- Un design épuré et réfléchi qui prend en compte les exigences temps réel.
- Des basses latences d'interruption. Cela nécessite que :
  - Les interruptions ne doivent être désactivées que très brièvement.
  - Les routines de service d'interruption doivent être aussi courtes que possible.
- Un code compact et rapide. Cela affecte également le choix du langage de programmation (C-Code, également C++ en fonction de la CPU, éventuelles optimisations des points critiques en assembleur).
- Des tests approfondis qui tiennent compte de toutes les situations et conditions possibles. La capacité temps réel est très difficile à démontrer !

### III. Les contraintes de temps et les systèmes embarqués

#### Le processus technique

Ce terme apparaît principalement dans le cadre d'automatisation industrielle. Voici une brève synthèse :

#### Définitions du « processus » :

Un processus est une transformation/transport de matière/énergie/information. L'état du processus technique peut être mesuré, contrôlé et géré par des moyens techniques.

La figure suivante montre l'interface entre un système embarqué et un processus technique. Selon les applications, le système embarqué peut être équipé d'une interface utilisateur ou d'une connexion à d'autres systèmes :

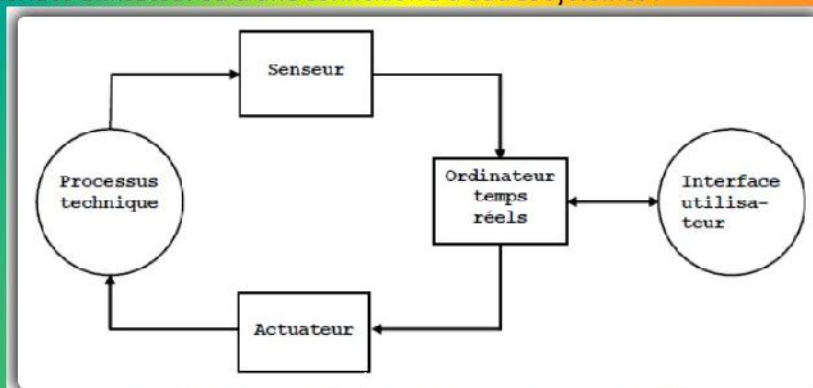


Figure : Interface entre l'ordinateur temps réel et le processus technique.

27

### IV. L'art de bien concevoir un système embarqué

Le système embarqué se doit d'être :

- Robuste.
- Simple.
- Fiable.
- Fonctionnel. Le système doit toujours fonctionner correctement.
- Sûr, surtout si la sécurité des personnes est en jeu.
- Tolérant aux fautes.



## IV. L'art de bien concevoir un système embarqué

D'autres contraintes sont aussi à prendre en compte :

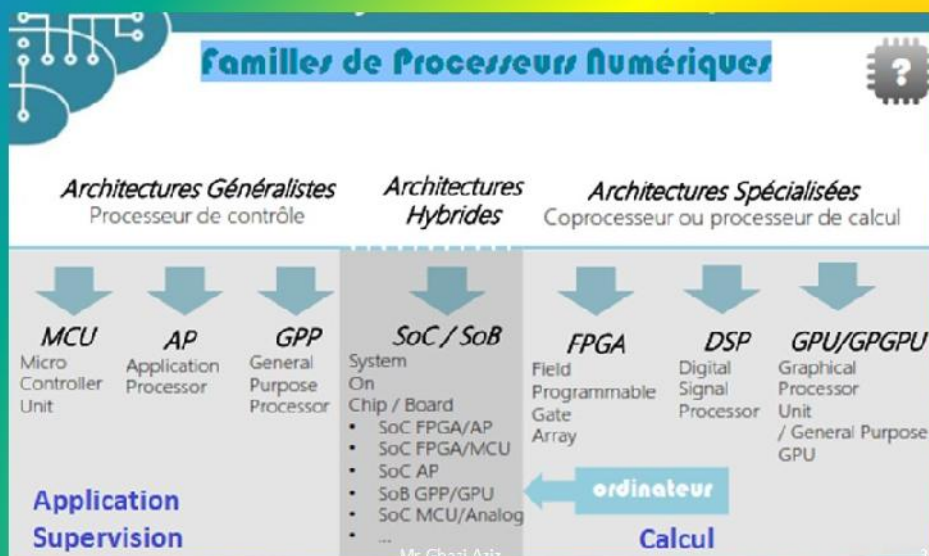
- L'encombrement.
- Le poids.
- Le packaging : difficulté de faire cohabiter dans un faible volume, électronique analogique, électronique numérique et RF sans interférences.
- L'environnement extérieur.
- La consommation électrique. Le système embarqué nomade doit être de faible consommation car il est alimenté par des batteries. Une consommation excessive augmente le prix de revient du système embarqué car il faut alors des batteries de plus forte capacité.
- Le coût. Beaucoup de systèmes embarqués sont fabriqués en grande série et doivent avoir des prix de revient extrêmement faibles.
- Le temps de développement. Dans un marché concurrentiel, il convient d'avoir un système opérationnel le plus rapidement possible pour être le premier sur le marché

Mr Ghazi Aziz

29

## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

- Familles de Processeurs Numériques



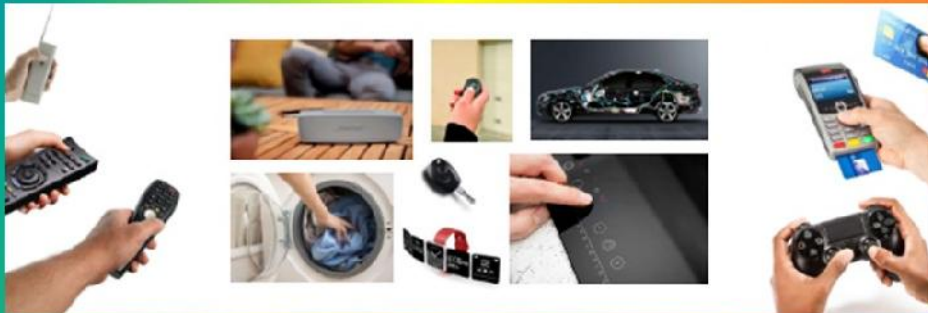
Mr Ghazi Aziz

30

## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

- **MCU – Micro Controller Unit :**

Les MCU (Micro Controller Unit) ou microcontrôleurs sont les processeurs les plus répandus autour de nous (volumes produits). On estime que chaque individu manipule indirectement près de 200 MCU chaque jour



## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

- **MCU – Internet of Things :**

L'un des marchés phare actuel des MCU est celui des objets connectés (IoT ou Internet of Things). L'IoT représente l'extension d'internet à des choses et à des lieux du monde physique. Il est considéré comme la troisième évolution d'internet et a été baptisé Web 3.0

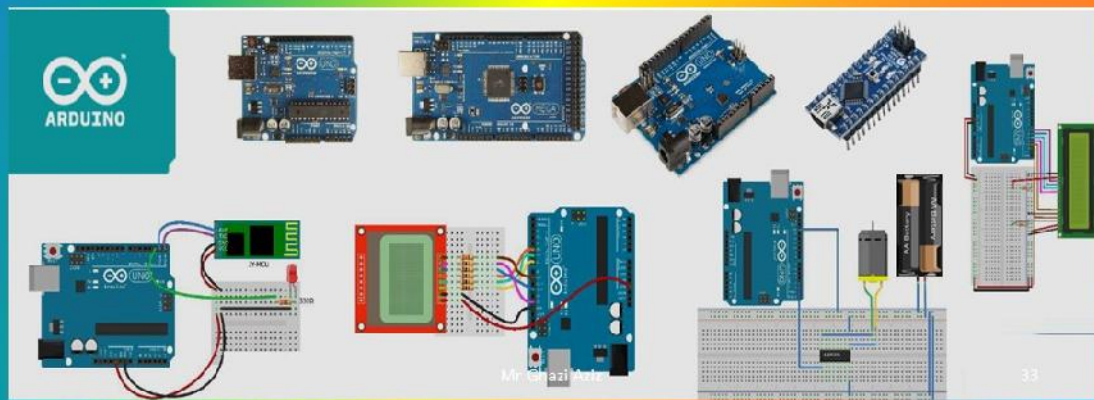




## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

- **MCU – Projet Arduino :**

Le projet Arduino doit probablement être le projet électronique autour de MCU le plus populaire. Néanmoins, il restera plus convenable pour réaliser du **prototypage** en embarqué pour son côté trop friendly/make

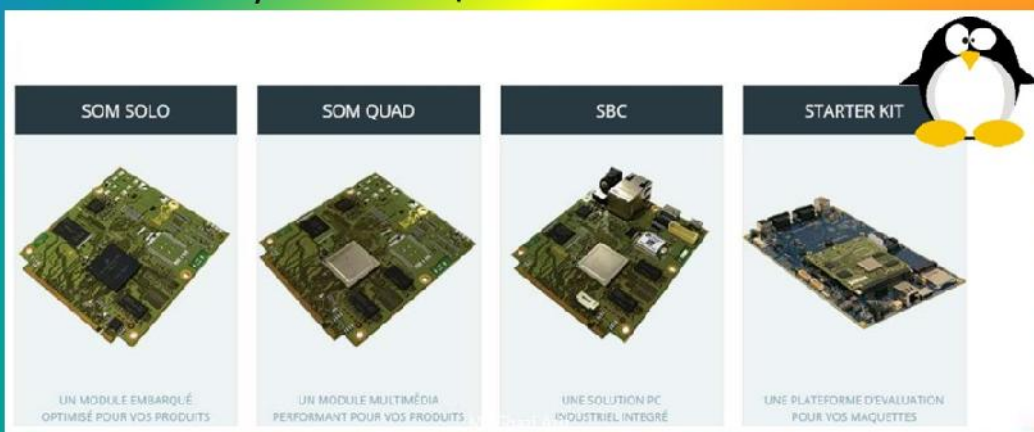


## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

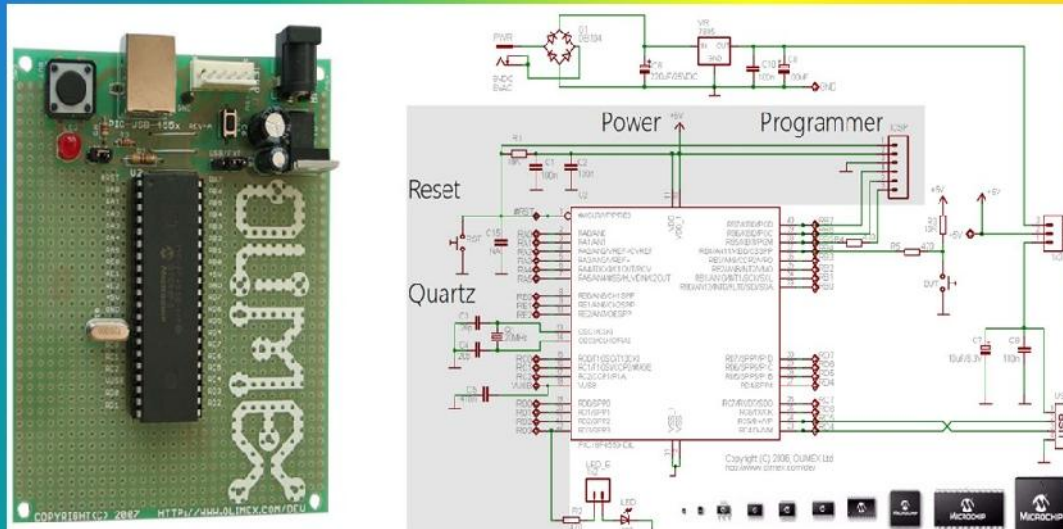
- **AP (Application processor) – Solutions industrielles :**

Dans la majorité des cas, ces processeurs sont exploités par des systèmes évolués. Sur ce marché, les systèmes GNU/Linux, le plus souvent customisés, règnent en maîtres.

**Exemple** de plateforme industrielle durcie EOLANE (Français n°2 Européen) travaillant autour de SoC/AP iMX6 proposé par Freescale sur système GNU/Linux



Exemple de schéma électrique utilisant un MCU PIC18 de Microchip. Maquette PIC-USB-4550 proposée par Olimex



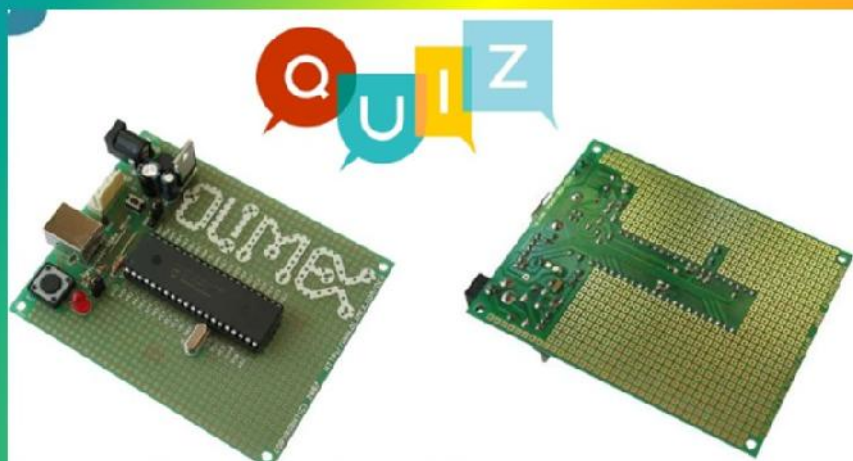
Mr Ghazi Aziz

35

## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

### • QUIZ :

Repérer les composants du schéma électrique sur les photos ci-dessous

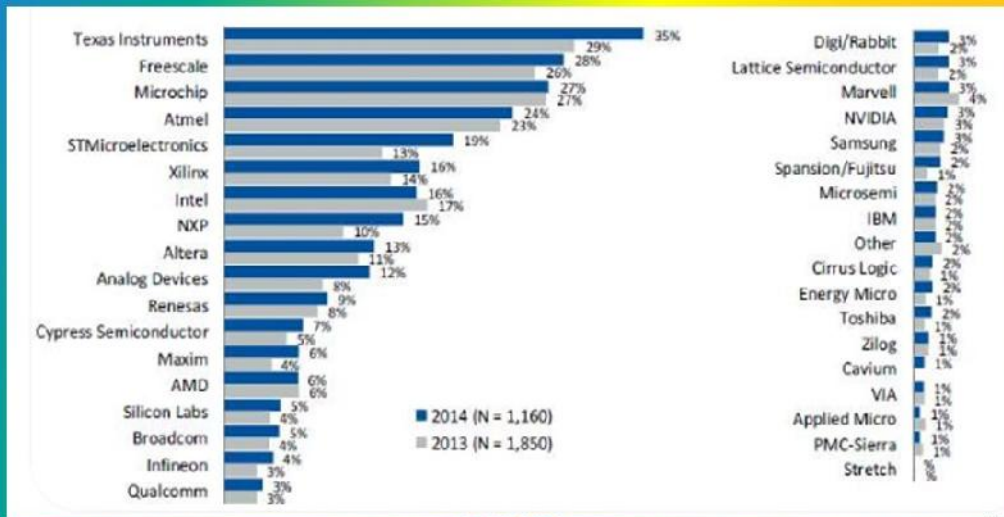


36



## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

- MCU – Acteurs et marchés :



## RECAPITULATIF

1. Quelle est la différence entre ASIC et FPGA ?
2. Donner quelques exemples d'environnements agressifs qu'un SE doit faire face ?
3. Quand dit on qu'un SE est temps réel ?
4. Quelles sont les Contraintes temps réel mou/dur ?
5. Quelles sont les obligations qu'un SE doit respecter ?
6. Donnez l'acronyme des familles des processeurs : MCU, AP, GPP, SoC/SoB, FPGA, DSP, GPU, GPGPU
7. Dessinez La figure qui montre l'interface entre un système embarqué et un processus technique

## V. Hétérogénéité des architectures processeurs



## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

**ARM** (Advanced RISC Machine) : famille d'architectures RISC (Reduced Instruction Set Computer) de microprocesseurs

- Lancée dans les années 1980 par la compagnie anglaise Acorn Computers
- Se démarque par des designs à faible consommation énergétique
- Compagnie indépendante dans les années 1990, licencie l'architecture à des tiers (Apple, DEC)
- En 2013, 10M de puces fabriquées, près 60% des dispositifs mobiles comportent une composante ARM

Conception de composantes

- Propose des solutions intégrables dans des designs plus vastes
- Solutions complètes (system-on-a-chip) aussi offertes

Dernière version : ARMv8

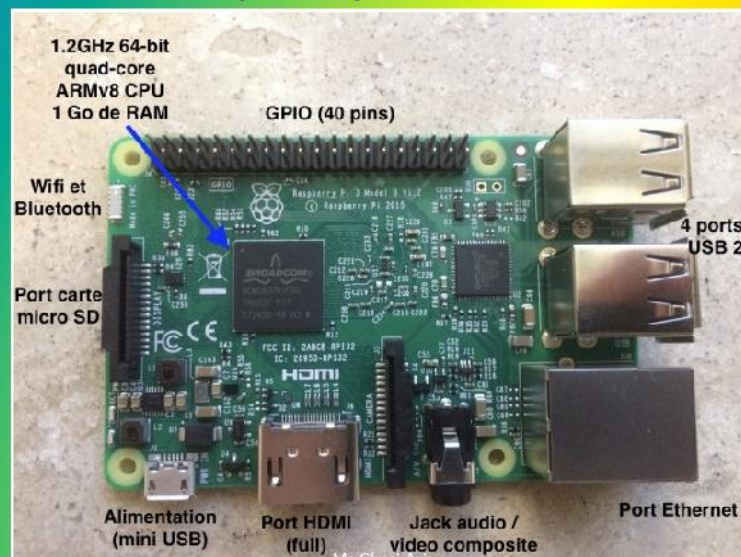
- Architecture 64 bits multi-cœurs
- Présent dans iPhone (5S et suivants), Android, Raspberry Pi 3

Mr Ghazi Aziz

41

## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

- Plateforme Raspberry Pi 3



Mr Ghazi Aziz

42

## V. Hétérogénéité des architectures processeurs

Les microcontrôleurs de la famille **ATMEGA** en technologie CMOS sont des modèles à 8 bits AVR basés sur l'architecture RISC. En exécutant des instructions dans un cycle d'horloge simple, l'ATMEGA réalise des opérations s'approchant de 1 MIPS par MHZ permettant de réaliser des systèmes à faible consommation électrique et simple au niveau électronique



Mr Ghazi Aziz

43

## VI. Les logiciels libres et les systèmes embarqués



Les logiciels libres et en particulier GNU/Linux sont de plus en plus employés dans l'embarqué

**Pourquoi retrouve-t-on Linux dans l'embarqué ?**

- C'est un logiciel libre disponible gratuitement au niveau source.
- Il est stable et efficace.
- Il n'y a pas de royalties à reverser sur chaque produit le mettant en œuvre.
- C'est un système d'exploitation ouvert.
- Différentes distributions sont disponibles pour coller au mieux à un type d'application.
- Il existe une aide rapide en cas de problèmes par la communauté Internet des développeurs Linux.
- Il y a un nombre de plus en plus important de logiciels libres disponibles.

19/11/2020

Mr Ghazi Aziz

44



## VI. Les logiciels libres et les systèmes embarqués

Linux possède d'autres atouts très importants pour l'embarqué :

- Il existe un portage pour processeurs autres que la famille x86 : PowerPC, ARM, MIPS, 68K, ColdFire...
- La taille du noyau est modeste et compatible avec les tailles de mémoires utilisées dans un système embarqué (800 Ko pour  $\mu$ Clinux sur processeur ColdFire).
- Différentes distributions spécialisées existent pour coller à un type d'application : routeur IP, PDA, téléphone...
- Le chargement dynamique de modules (drivers) est autorisé, ce qui permet d'optimiser la taille du noyau.
- La migration pour un spécialiste Linux à Linux embarqué est rapide et en douceur, ce qui réduit les temps de formation et les coûts...

Mr Ghazi Aziz

45

## VI. Les logiciels libres et les systèmes embarqués

Embarquer Linux dans son système nécessite néanmoins des **pré-requis** concernant le matériel :

- Le processeur doit être au moins un processeur 32 bits avec MMU (Linux) ou sans MMU ( $\mu$ Clinux) couplé à quelques Mo de mémoire
- Le tableau suivant montre l'usage de Linux embarqué sur processeurs 32 bit et plus :

| Besoin                       | Petit                          | Moyen                                  | Haut de gamme | Embarqué haute disponibilité |
|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|---------------|------------------------------|
| Taille RAM                   | < 2 Mo                         | 2-8 Mo                                 | 8-32 Mo       | > 100 Mo                     |
| Taille ROM/FLASH             | < 2 Mo                         | 2-4 Mo                                 | 4-16 Mo       | Go-To Disque Dur             |
| Processeurs                  | DragonBall 68k<br>ColdFire ARM | MIPS ColdFire<br>ARM SH<br>PowerPC x86 |               | PowerPC<br>x86               |
| Caractéristiques matérielles | Pas de MMU                     | System on Chip SoC                     |               |                              |
| Exemples                     | PDA, téléphone                 | Routeur, Décodeur, imprimante          |               | Commutateur téléphonique     |

Mr Ghazi Aziz

46

## VI. Les logiciels libres et les systèmes embarqués

### Contraintes logiciels :

Utilisation de systèmes d'exploitation légers et adaptés aux besoins particuliers :

- Systèmes à base de Linux : MontaVista Linux (leader), BlueCat Linux,  $\mu$ Clinux (pour  $\mu$ contrôleurs et processeurs sans MMU), RTLinux et RTAI (doubles noyau), ELDK, PeeWee Linux.
- Autres systèmes temps réel : pSOS, VxWorks (+ utilisé mais coûteux), QNX (très faible mémoire, GSM), Nucleus, eCos (automobile, imprimantes laser, multimédia),  $\mu$ C/OS/ $\mu$ C/OS II (produits de petite taille :  $\mu$ C), Windows CE (PDA), LynxOS.

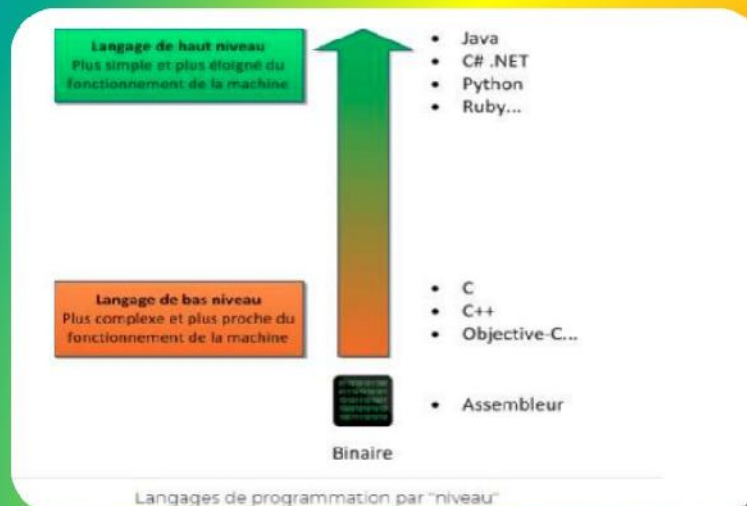
## VI. Les logiciels libres et les systèmes embarqués

- Utilisation de langages adaptés au matériel et produisant un code optimisé :
  - Assembleur pour un code de taille et performance optimisées.
  - C/C++ moins complexes et relativement proches du matériel.
  - Shell-script (versions ash/msh de 30 à 60 Ko et BusyBox de 150 ko) dans le cas d'Unix, facile à maintenir puisque ne nécessitant pas de recompilation en cas d'usage d'un autre système de type Unix (Autres : Perl, Tcl/Tk ou Python, peu utilisés de par l'espace mémoire nécessaire).



## VI. Les logiciels libres et les systèmes embarqués

- Pourquoi le langage C est le plus populaire pour la programmation des microcontrôleurs ?

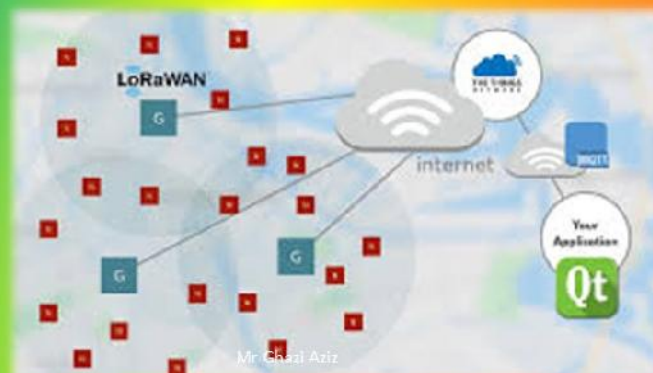


49

## VII. Systèmes embarqués communicants

Systèmes interconnectés (GSM –sans fil) via des réseaux de capteurs et technologies ubiquitaires.

- Réseaux de capteurs :
  - Réseaux Adhoc constitués de  $\mu$ capteurs (nœuds) autonomes (récolte + transmission de données via un routage multi-saut jusqu'au nœud de collecte) et parfois mobiles.
- Intérêt :
  - Capturer et transformer des mesures en valeurs numériques.
  - Traiter, stocker et transmettre les données.



50

## VII. Systèmes embarqués communicants

- Exemples de systèmes communicants :
  - Militaire: Surveillance des mouvements de l'ennemi.
  - Industrie : contrôle de température, pression...
  - Transport : contrôle d'espacement entre véhicules, prise en compte des conditions météorologiques, navigation informée...
  - Santé : suivi à distance des malades.
  - Ecologie : surveillance de données critiques de pollution, contrôle de l'éclairage public...
  - Domotique : alarmes, contrôle de consommation...



## Récapitulatif

1. Donnez la signification des acronymes MCU, RISC, ARM ?
2. Quelle est la famille de microcontrôleurs utilisés par Arduino ?
3. Quelles sont les avantages qui ont permis d'utiliser Linux dans l'embarqué ?
4. Quel est le nombre de bit minimal de fonctionnement d'un microcontrôleur pour utiliser Linux ?
5. Donnez qq exemples de système linux pour l'embarqué ?  
26/11/2020
6. Donnez qq exemples de système non linux pour l'embarqué ?
7. Pourquoi le langage C est le plus populaire pour la programmation des microcontrôleurs ?
8. Quelle est la principale différence entre la plateforme embarqué Raspberry et Arduino ?
9. Quel est l'intérêt de rendre un SE communicant ? Comment appelle-t-on ce système ?
10. Donnez qq exemples de SE communicants



## VII. Systèmes embarqués communicants

### Objets connectés

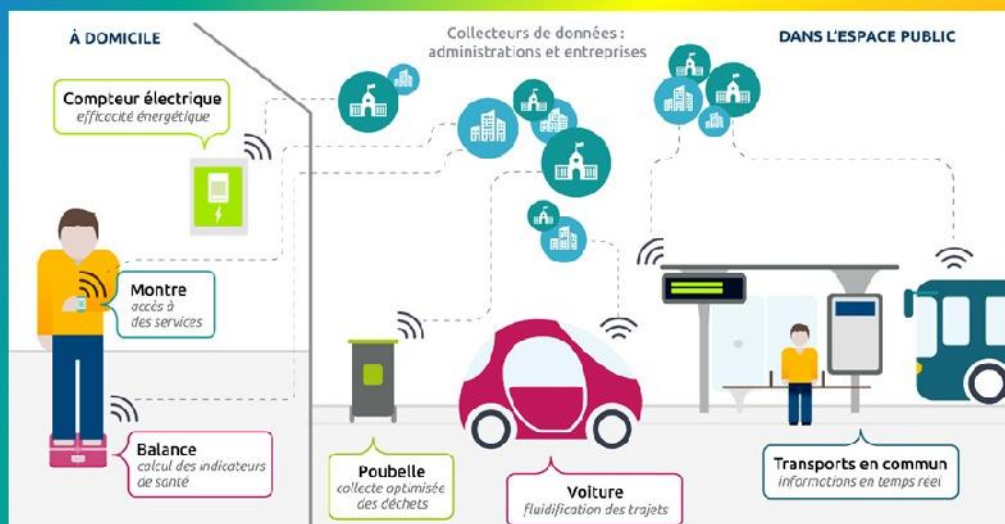
- Un objet connecté comporte :
  - un système d'identification et des capteurs,
  - un lien réseau vers une application « intelligente »,
  - une interface comme un smartphone, pour piloter l'application.
- En théorie, tout objet peut être connecté.
- C'est l'Internet of Things (IoT) ou Internet des Objets (IdO).
- Enjeux sociétaux et économiques
  - Potentiel de création de valeur de l'IoT
  - 35 Milliard d'objet connectés en 2020

Mr Ghazi Aziz



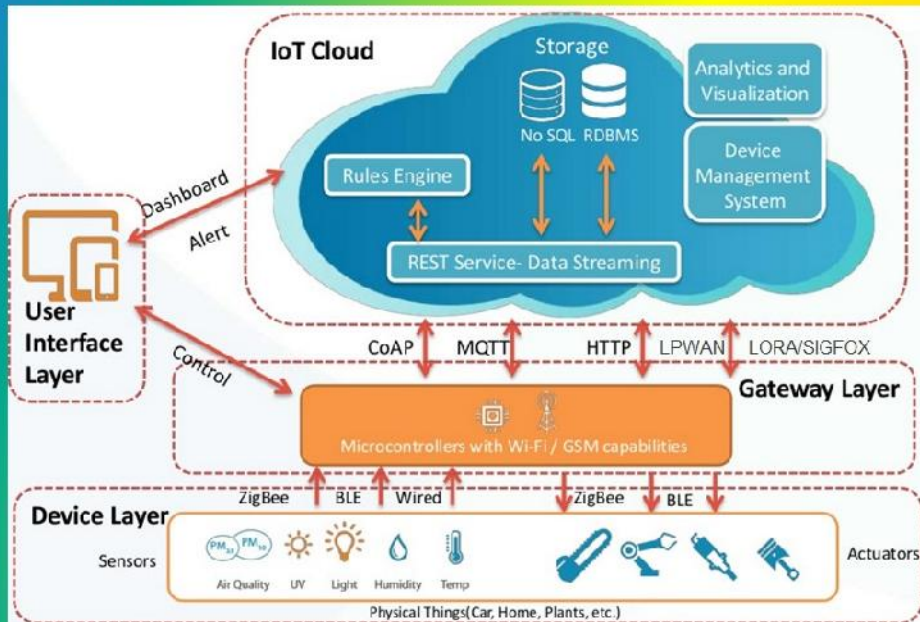
## VII. Systèmes embarqués communicants

### Quelques exemples :



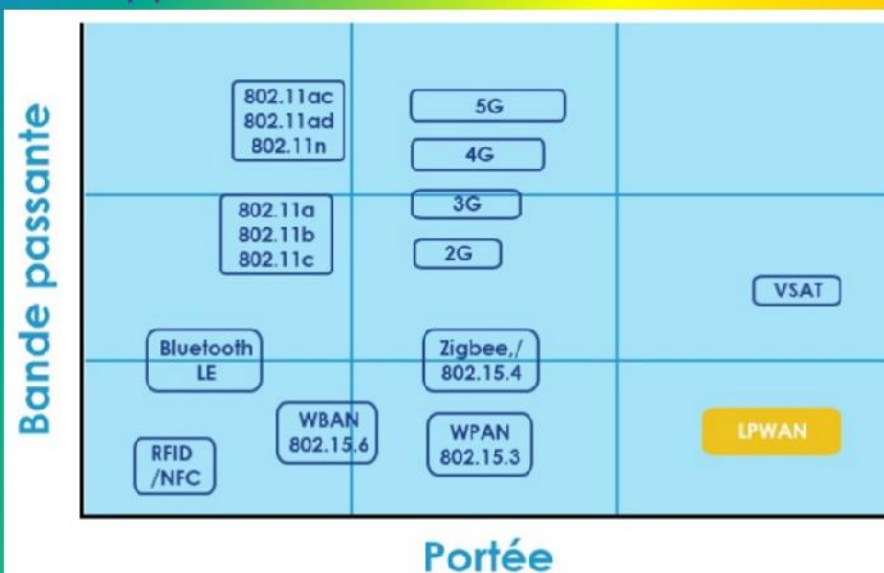
## VII. Systèmes embarqués communicants

- Principe



## VII. Systèmes embarqués communicants

- Les supports de communication





## VII. Systèmes embarqués communicants

### Les réseaux LPWAN ( Low Power Wide Area Network)

- Ce sont des réseaux longue portée (de l'ordre de plusieurs kilomètres) et à faible consommation énergétique. À l'image des réseaux Sigfox et LoRa, ces réseaux ont été spécifiquement conçus pour transporter les données IoT à faible coût.

#### Gateways

- Dans l'IoT, on considère souvent des objets (capteurs/actuateurs) qui ont des contraintes matérielles et logicielles qui ne leur permettent pas de se connecter directement au réseau Internet. Ils s'y connectent à travers une gateway (passerelle). En effet, d'un côté, l'Internet n'est pas dimensionné pour gérer l'adressage de milliards d'objets connectés. D'un autre côté, TCP IP/V6 est un protocole trop lourd pour être exploité par les capteurs. Aujourd'hui, TCP IP V6 est utilisé via le protocole 6LoWPAN (IPv6 Low power Wireless Personal Area Networks) qui est exploité au-dessus des protocoles réseaux 802.15.4.



57

## VII. Systèmes embarqués communicants



### Exemples de LPWAN (Low Power WAN)

- **Communication très longue portée à basse énergie**

Sigfox et LoRa communiquent avec 25mW de puissance, le premier à 60km, le second à 15km. Ils utilisent des modes déconnectés où la consommation n'est nécessaire que lorsque l'objet a des données à transmettre.

- **Solution adaptées aux lieux isolés mais pas seulement**

Reposant sur une infrastructure réseau publique (ou privée dans le cas de LoRaWAN) il est possible de disposer les objets dans des lieux isolés. Communication électrique que l'ordre de 25mAh, débit de 100b/s à 6Kb/s

- **Sans besoin de configuration ou câblage**

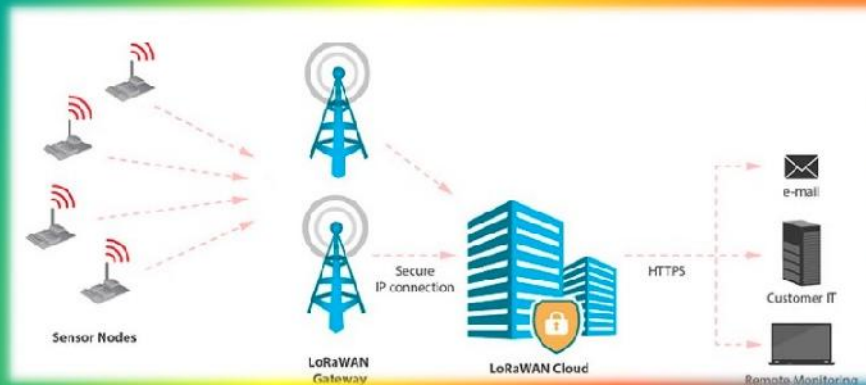
Autonome et configurés pour accrocher un réseau public ou privé dédié il ne nécessitent pas d'étape d'installation sur site : déploiement rapide et à faible coûts. Non accessibles par un réseau classique ils sont peu exposés aux attaques.

## VII. Systèmes embarqués communicants

### Architecture LoRaWAN

LoRa opère sur les bandes non licenciées ISM allant de 867 à 869 MHz

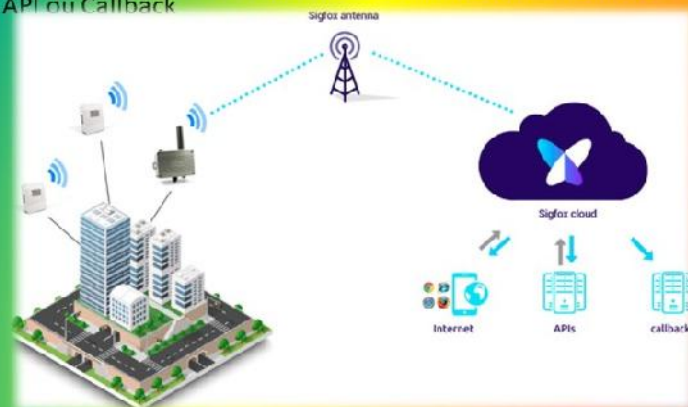
Les objets communiquent vers des Gateway LoRaWAN, plusieurs gateway peuvent capter les messages émis par les objets. Chaque Gateway remontent un message enrichi vers un Cloud opérateur qui gèrent les objets, le stockage des messages et communication avec les application métiers. Le Cloud opérateur pousse ensuite les messages bruts vers l'application métier : callback HTTP/S sous la forme d'une requête de type PUSH ou GET.



## VII. Systèmes embarqués communicants

### Architecture Sigfox

- Sigfox est un opérateur de réseau destiné à l'internet des objets (IoT). Le réseau, qui utilise l'UNB (Ultra Narrow Band) qui opère sur les bandes non licenciées ISM à 868 MHz, permet de faire communiquer des périphériques entre eux à très bas débit / très faible consommation. Le réseau Sigfox couvre la France dans sa globalité ainsi que 44 autres pays en Europe et dans le monde.
- La technologie Sigfox permet aux transmetteurs Enless de faire remonter des informations (températures, humidité, valeurs de compteurs...) sans contrainte de distance, directement sur les serveurs Sigfox.
- Les informations stockées dans le Cloud Sigfox peuvent ensuite être poussées vers des plateformes permettant la mise en forme des données (statistiques, courbes, alarmes...) grâce à des API ou Callback





## VII. Systèmes embarqués communicants

### LPWAN ( Low Power Wide Area Network)

| Fonctionnalités                  | LORAWAN         | SIGFOX                                   |
|----------------------------------|-----------------|------------------------------------------|
| Modulation                       | SS chip         | UNB / GFSK / BPSK                        |
| Bande passante                   | 500 – 125 KHz   | 100 Hz                                   |
| Débit de données                 | 290bps – 50Kbps | 100 bit / sec<br>12 / 8 bytes Max        |
| Message max. par jour            | Unlimited       | UL: 140 msg / day                        |
| Puissance d'émission             | 20 dBm          | 20 dBm                                   |
| Bilan de liaison                 | 154 dB          | 151 dB                                   |
| Durée de vie de batterie 2000mAh | 105 mois        | 90 mois                                  |
| Efficacité énergétique           | Très élevée     | Très élevée                              |
| Immunité aux interférences       | Très haute      | Basse                                    |
| Coexistence                      | Oui             | Non                                      |
| Sécurité                         | Oui             | Non                                      |
| Mobilité / localisation          | Oui             | Mobilité réduite,<br>pas de localisation |



Mr Ghazi Aziz

61

## VII. Systèmes embarqués communicants



### GPRS (gsm):

Le standard GPRS (General Packet Radio Service) est une évolution de la norme GSM, appelée généralement le 2.5G pour le classer. Le GPRS permet d'étendre l'architecture du standard GSM, afin d'autoriser le transfert de données par paquets, avec des débits théoriques maximums de l'ordre de 171,2 kbit/s (en pratique jusqu'à 114 kbit/s). Grâce au mode de transfert par paquets, les transmissions de données n'utilisent le réseau que lorsque c'est nécessaire. Le standard GPRS permet donc de facturer l'utilisateur au volume échangé plutôt qu'à la durée de connexion, ce qui signifie notamment qu'il peut rester connecté sans surcoût.

Le GPRS industriel est utilisé pour la surveillance des machines et installations en envoyant automatiquement par SMS, e-mail et GPRS l'état des applications. Ce qui permet de minimiser les temps d'immobilisation et optimiser les processus.

Mr Ghazi Aziz

62

## VII. Systèmes embarqués communicants

### Module GSM / GPRS :

- est une carte de développement de base mini GSM / GPRS. Il prend en charge le réseau bi-bande GSM / GPRS, disponible pour la transmission à distance de données de messages GPRS et SMS. supporte les appels vocaux et SMS, faire et répondre à des appels téléphoniques en utilisant un casque et un microphone, envoyer et recevoir des données GPRS (TCP / IP, HTTP, etc.)

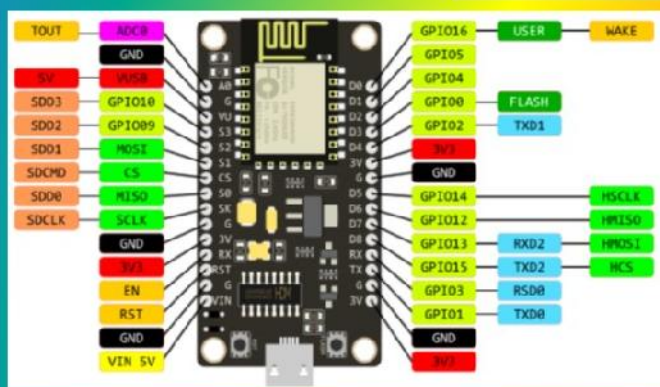
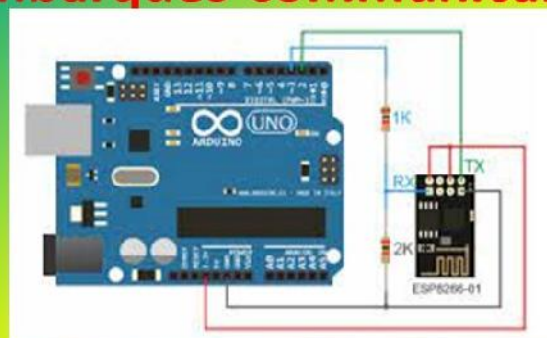


Mr Ghazi Aziz

63

## VII. Systèmes embarqués communicants

- WIFI



64



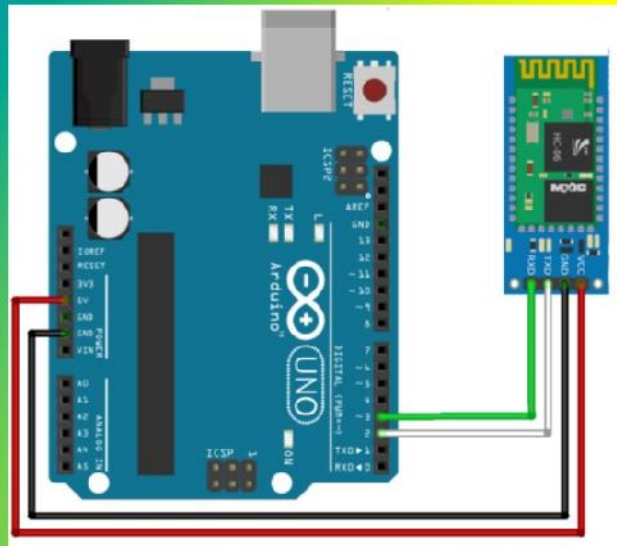
## VII. Systèmes embarqués communicants

Shield Ethernet



## VII. Systèmes embarqués communicants

BLUETOOTH



## Récapitulatif

1. Qu'est ce qu'un objet connecté ?
2. Donnez qq exemples d'objet connecté ?
3. Donnez qq exemples de protocoles permettant à un objet d'être connecté ?
4. Donnez qq exemples de protocoles permettant la communication entre un micro-contrôleur et les capteurs/actionneurs ?
5. Donnez une définition des LPWAN ?
6. Donnez qq caractéristiques de LORA ?
7. Donnez qq caractéristiques de SigFox ?
8. Donnez qq caractéristiques du système GPRS ?

Mr Ghazi Aziz

67

## VIII- Les applications de l'Internet des objets : Une technologie déjà présente dans notre quotidien...



Mr Ghazi Aziz

68



# Applications de l'Internet des objets :

## Environnement & Industrie

- Feux de forêt
- Pollution atmosphérique
- Capteurs sismique, d'avalanche et d'inondation
- Localisation d'équipements/produits en intérieur

## Compteur intelligent & Smart Grid

- Electricité
- Eau
- Gaz
- Température
- Production

## Ville intelligente

- Parking intelligent
- Eclairage intelligent
- Capteurs de trafic & de contrôle
- Surveillance de l'infrastructure
- Traitement des déchets
- Evénements publics (services de localisation)
- Affiche publicitaire

## Suivi & eSanté

- Motos, bicyclettes, voitures
- Conteneurs d'expédition
- Personnes, animaux de compagnie
- Assurance (biens, précieux)
- Localisation des biens
- Suivi médical (tension, température, prise de médicaments)
- Capteurs d'activité, wearable

## Agriculture / Elevage

- Contrôle de l'irrigation
- Analyse environnementale
- Traçabilité du pâturage
- Suivi du développement des animaux (lactation, la naissance)

## Domotique & Bâtiments Intelligents

- Détecteurs de fumée
- Systèmes de sécurité
- Appareils intelligents
- Chauffage intelligent
- Contrôle à distance / surveillance

## Commerce

- Contrôle de la chaîne d'approvisionnement
- Paiement sans contact
- Shopping intelligent
- Rotation de produits en rayon

## Transports & Logistique

- Suivi des conditions de transport
- Localisation des colis
- Traçabilité de flotte
- Gestion du carburant
- Diagnostic de véhicules
- Véhicules connectés
- Mise à jours à distance

Mr Ghazi Aziz

69

# Applications de l'Internet des objets

## 1. Les applications médicales

L'objectif est d'arriver à prévenir des situations graves et de suivre à distance des patients atteints des maladies chroniques et agir rapidement si cela s'est avéré nécessaire. Des capteurs corporels implantés dans le corps du patient récoltent des informations relatives aux paramètres médicaux, telles que la température, la glycémie, le rythme des battements du cœur ou encore même la tension artérielle.

Mr Ghazi Aziz

70

## La santé connectée

- L'hôpital à la maison ou le patient sera connecté et ses constantes seront envoyées au médecin qui sera immédiatement alerté en cas de problème (tension, rythme cardiaque, insuline, ..).



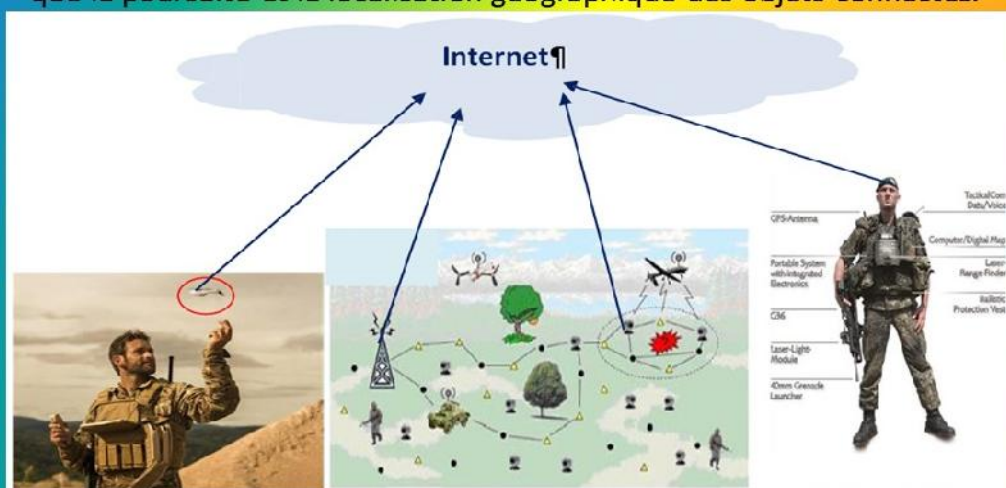
Mr Ghazi Aziz

71

## Applications de l'Internet des objets

### 2. Les applications militaires

Dans le domaine de défense les capteurs et les nano-drones connectés à Internet permettent d'envisager des applications sophistiquées pour l'exploration, la surveillance des champs de batailles et des frontières, ainsi que la poursuite et la localisation géographique des objets connectés.





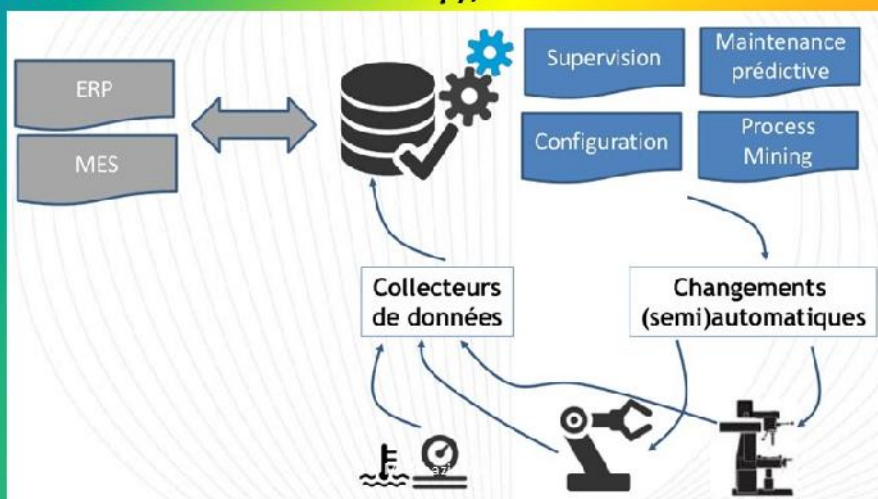
# Applications de l'Internet des objets

## 3. Les applications industrielles :

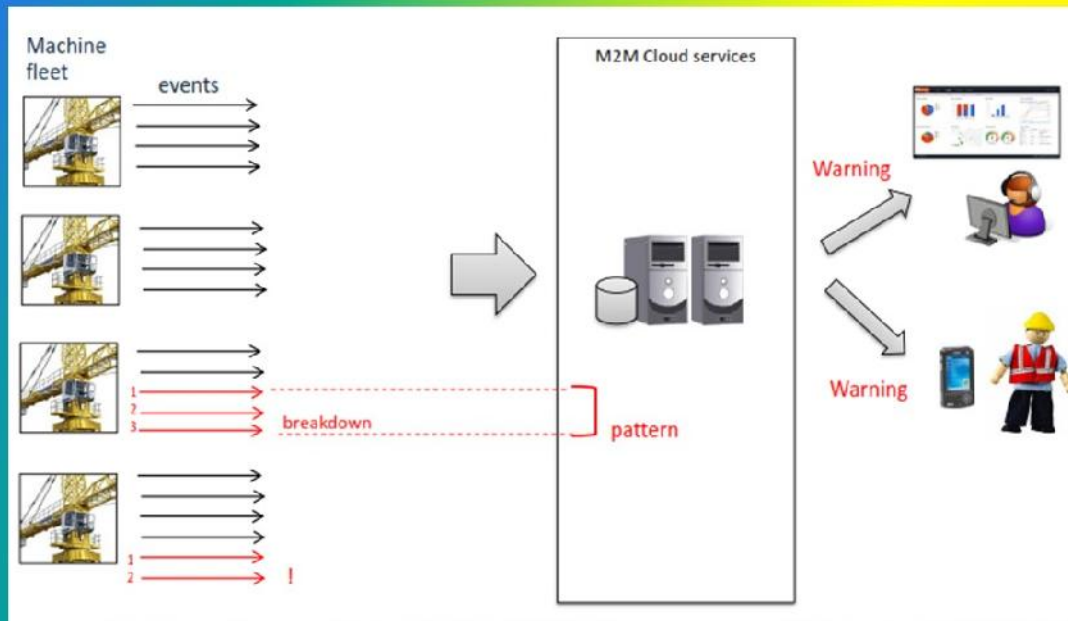
Une quantité considérable de capteurs et d'étiquettes RFID et les contrôleurs embarqués, s'accroît sensiblement dans les systèmes de production industrielle, sur la chaîne logistique et même dans les produits. Ce qui aide les entreprises à améliorer la qualité de leurs processus de fabrication et à fournir un service après-vente plus concurrentiel. Ainsi, les usines connectées à Internet sont plus productives, efficaces et intelligentes que ceux qui ne le sont pas.

## Les industriels

- Usines complètes pilotées par des robots automates et des capteurs au travers du Cloud (Software Defined Factory),



# Maintenance prédictive



Mr Ghazi Aziz

75

# Applications de l'Internet des objets

## 4. Les maisons intelligentes :

La maison du futur sera un objet connecté à Internet accessible à distance par ses propriétaires via des Smartphones, tablette ou ordinateurs connectés. La porte, la télévision, le thermostat, le réfrigérateur, les parapluies, les montres, etc. de telle sorte qu'une porte connectée informe les parents par Internet de la rentrée de leurs enfants.

Un thermostat intelligent connecté au réseau Wi-Fi de la maison permet de contrôler facilement la température de celle-ci à partir de n'importe où, pour une amélioration du confort et une optimisation des économies énergétiques.

Le réfrigérateur intelligent connecté à Internet et muni d'un système RFID traque les produits élémentaires qui y sont stockés et enregistre des informations pertinentes leur concernant (comme la durée du stockage et la date d'expiration). L'utilisateur peut l'interroger à distance pour savoir ce qui reste et ramener les produits manquant avant de rentrer à la maison.

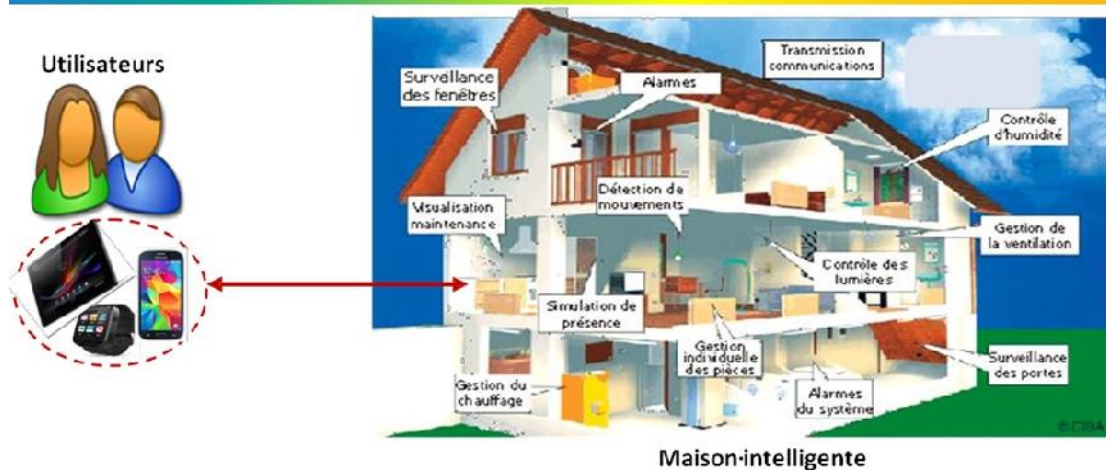
Mr Ghazi Aziz

76



# Applications de l'Internet des objets

## 4. Les maisons intelligentes :



Mr Ghazi Aziz

77

# Applications de l'Internet des objets

## La maison connectée

• Plus de confort

• Plus de sécurité

• Meilleure gestion de l'énergie (production énergétique)

La maison s'adapte à ses habitants



Mr Ghazi Aziz

78

## Applications de l'Internet des objets La maison connectée



## Applications de l'Internet des objets

### 5. Les villes intelligentes :

les routes, les bâtiments, les véhicules, les magasins, les parkings, etc. seront tous connectés à Internet et annoncent leur présence les uns aux autres objets connectés pour contrôler le trafic routier, aider les citoyens (surtout les automobilistes) à gagner le temps en leur fournissant des informations pertinentes, en temps réel, sur l'endroit où il se trouve (par exemple le plus proche parking, hôtel, restaurant, hôpital et autres) et des informations d'ordre général sur la ville, comme la température, le taux d'humidité, les niveaux de radiation, ...



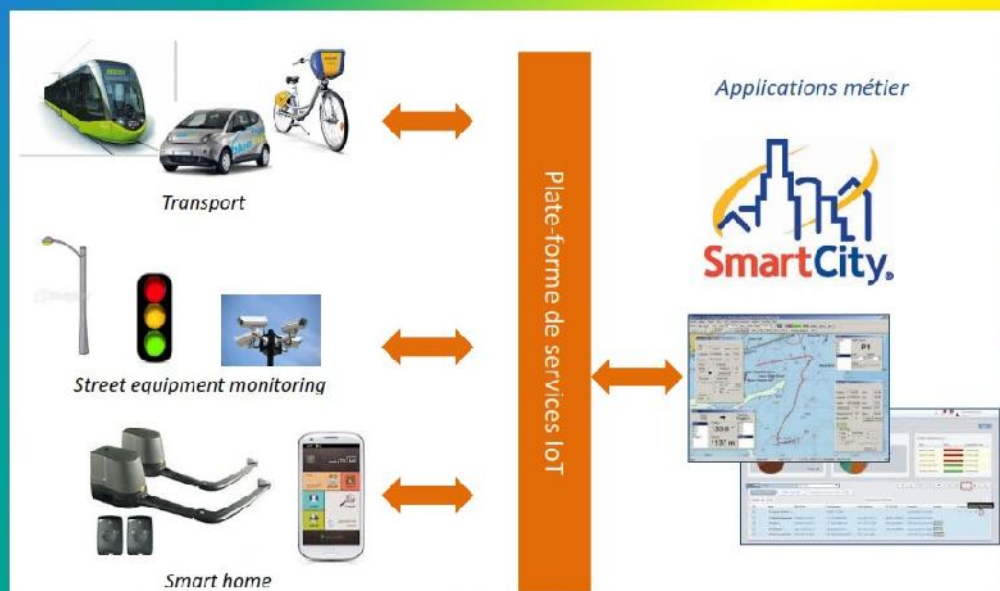
## Applications de l'Internet des objets Ville intelligente



Mr Ghazi Aziz

81

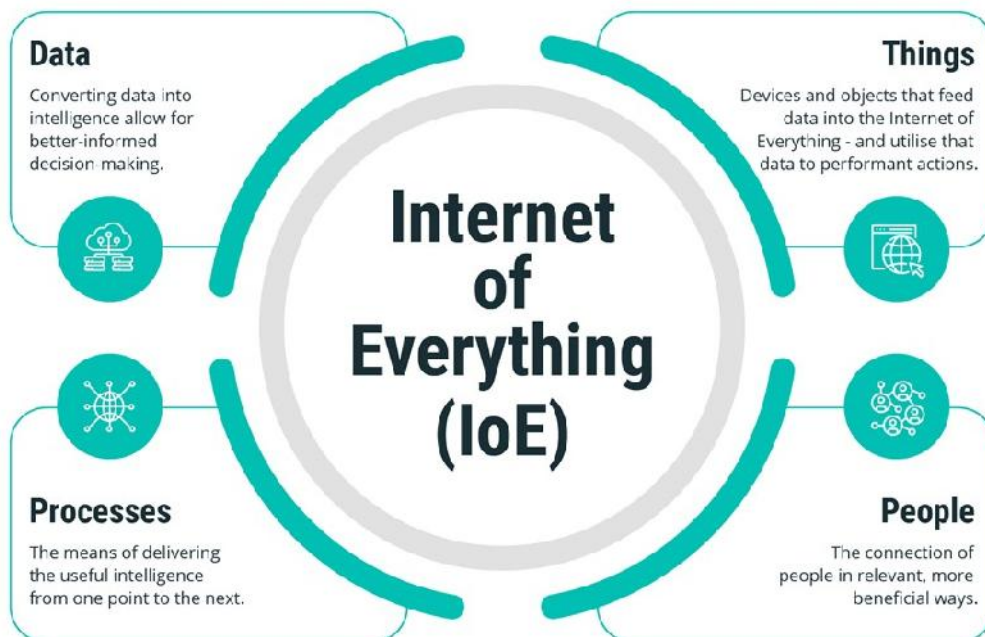
## Applications de l'Internet des objets Ville intelligente



Mr Ghazi Aziz

82

|                |                         |                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>WEB 1.0</b> | Période                 | 1991-1999                                                                                                                                                                                                 |
|                | Objectif                | Donner accès au contenu en ligne – présenter des produits aux consommateurs.                                                                                                                              |
|                | Langage                 | Protocoles HTTP, HTML (langage avec liens hypertextes), puis XML Java & JavaScript.                                                                                                                       |
|                | Outils de communication | Email – Forums                                                                                                                                                                                            |
|                | Utilisation             | Consommateur passif – “read only” – “view and link” – le web est un énorme magazine en ligne que l'utilisateur consulte.                                                                                  |
| <b>WEB 2.0</b> | Période                 | 2000-2009                                                                                                                                                                                                 |
|                | Objectif                | Partager du contenu.                                                                                                                                                                                      |
|                | Langage                 | XML (HTML structuré) qui consiste à décrire les choses avec des mots + RSS (flux de contenus).                                                                                                            |
|                | Outils de communication | Réseaux sociaux – plateformes collaboratives SMS – MMS – video-streaming.                                                                                                                                 |
|                | Utilisation             | Consommateur et acteur. Néanmoins, seule une minorité devient auteur “read & write”, la majorité se contente d'un engagement restreint “read & share”.                                                    |
| <b>WEB 3.0</b> | Période                 | 2010-????                                                                                                                                                                                                 |
|                | Objectif                | Connecte les personnes, orienté communautés et “tribu”.                                                                                                                                                   |
|                | Langage                 | Outre le XML, de nouveaux langages émergent : RDF + OWL + SWRL pour une meilleure compréhension de ce que les humains cherchent.                                                                          |
|                | Outils de communication | Tous les outils adaptés à l'internet mobile (tablette, smartphones) + des outils cross media tels que QR codes, RFID (radio frequency identification).                                                    |
|                | Utilisation             | Consommateur et acteur. Néanmoins, seule une minorité devient auteur “read & write”, la majorité se contente d'un engagement restreint “read & share”.                                                    |
| <b>WEB 4.0</b> | Période                 | 2020 ? - ????                                                                                                                                                                                             |
|                | Objectif                | Connecte l'intelligence, orienté interaction individus/objets.                                                                                                                                            |
|                | Langage                 | Language unique Serveurs / Mobiles / Objets connectés.                                                                                                                                                    |
|                | Outils de communication | Les outils de collecte d'infos et d'affichage d'information sont multiples et font partie de notre quotidien et de notre environnement, de notre environnement.                                           |
|                | Utilisation             | L'humain devient consomm-acteur et cré-acteur malgré lui. La technologie nous facilite la vie sans plus avoir à se poser la question : Est-ce que c'est bien ou mal... C'est tout simplement obligatoire. |





## Domaines d'applications de l'Internet des Objets



### SMART CITIES

Smart Parking  
Structural Health  
Noise Urban Maps  
Traffic Congestion  
Smart Lighting  
Waste Management  
ITS



### SMART ENVIRONMENT

Forest Fire Detection  
Air Pollution  
Avalanche Prevention  
Earthquake Early Detection



### SMART METERING

Smart Grid  
Tank Level  
Photovoltaic Installations  
Water Flow  
Silos Stock Calculation



### SMART eHEALTH

Fall Detection  
Medical Fridges  
Sportsmen Care  
Patients Surveillance  
Ultraviolet Radiation



### SMART RETAIL

Supply Chain Control  
NFC Payment  
Shopping Applications  
Product Management



### SMART LOGISTICS

Shipment Conditions  
Item Location  
Storage Detection  
Fleet Tracking



### SMART SECURITY

Perimeter Access Control  
Liquid Presence  
Radiation Levels  
Hazardous Gases



### SMART DOMOTIC

Energy and Water Use  
Remote Control Appliances  
Intrusion Detection Systems  
Art and Goods Preservation



### SMART INDUSTRY

M2M Applications  
Indoor Air Quality  
Temperature Monitoring  
Ozone Presence



### SMART AGRICULTURE

Wine Quality Enhancing  
Green Houses  
Golf Courses  
Meteorological Station



### SMART ANIMAL FARMING

Offspring Care  
Animal Tracking  
Toxic Gas Levels



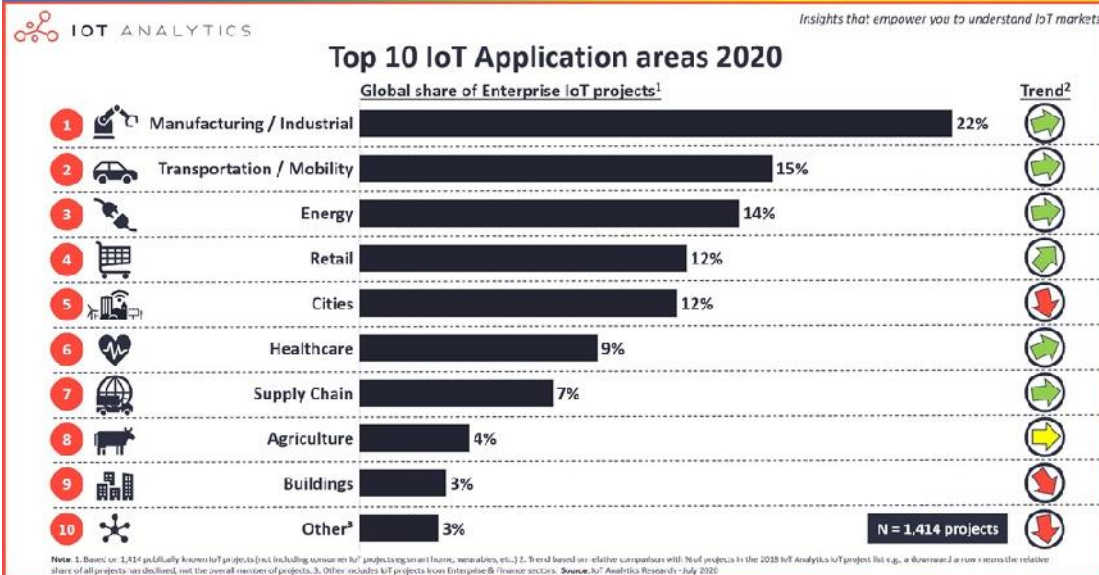
### SMART WATER

Water Quality  
Water Leakages  
River Floods

## Domaines d'application de l'IoT

| Industrie                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Smart Cities                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Retail                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Santé                                                                                                                                                                                                                                                   | Transport                                                                                                                                                                                                                                              | Assurance                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenance préventive</li> <li>• Sécurité du travailleur</li> <li>• Optimisation des stocks</li> <li>• Reassort automatique</li> <li>• Supervision des zones critiques</li> </ul> |  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle d'accès au bâtiment</li> <li>• Éclairage intelligent</li> <li>• Optimisation du remplissage des parkings</li> <li>• Optimisation de gestion du trafic</li> </ul> |  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse zones chaudes et froides du point de vente</li> <li>• Prévention des ruptures de stocks</li> <li>• Offres personnalisées</li> <li>• Force de vente au bon endroit au bon moment</li> </ul> |  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring des patients chroniques et des patients en sortie d'hospitalisation</li> <li>• Suivi de l'observance</li> </ul> |  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Services d'information à valeur ajoutée pour les passagers (trafic)</li> <li>• Télé maintenance des véhicules</li> </ul> |  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduite vertueuse au volant</li> <li>• Maintien à domicile et téléassistance nouvelle génération</li> <li>• Sécurisation de la maison</li> </ul> |
| <p>l'usine connectée devient une réalité, la supply chain est révolutionnée</p>                                                                                                                                                                                                                                 | <p>les premières villes intelligentes et les bâtiments connectés émergent</p>                                                                                                                                                                                                                          | <p>le parcours client est amélioré et les performances du distributeur décuplées</p>                                                                                                                                                                                                                                            | <p>La télémédecine et la prévention santé se mettent en place</p>                                                                                                                                                                                       | <p>des transports publics optimisés, des véhicules plus sécurisés</p>                                                                                                                                                                                  | <p>déjà de nouveaux modèles de tarifications et nouveaux services</p>                                                                                                                                                                                                            |

# Les 10 secteurs les plus dynamiques avec l'IoT en 2020



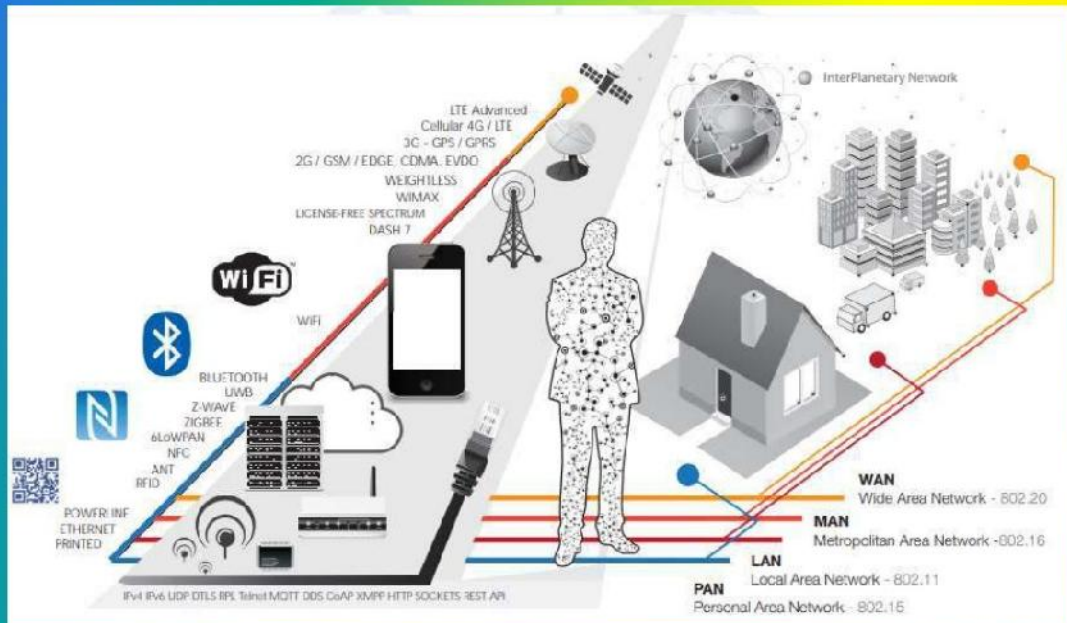
## Principaux plateformes IoT

- Amazon Web Services IoT
- IBM Watson
- Microsoft Azure Cloud IoT
- Google Cloud IoT
- Oracle Integrated Cloud for IoT
- SAP Cloud Platform for the Internet of Things
- Cisco Jasper Control Center
- PTC ThingWorx Industrial
- GE Predix
- Cisco IoT Cloud





# Technologies de connectivité



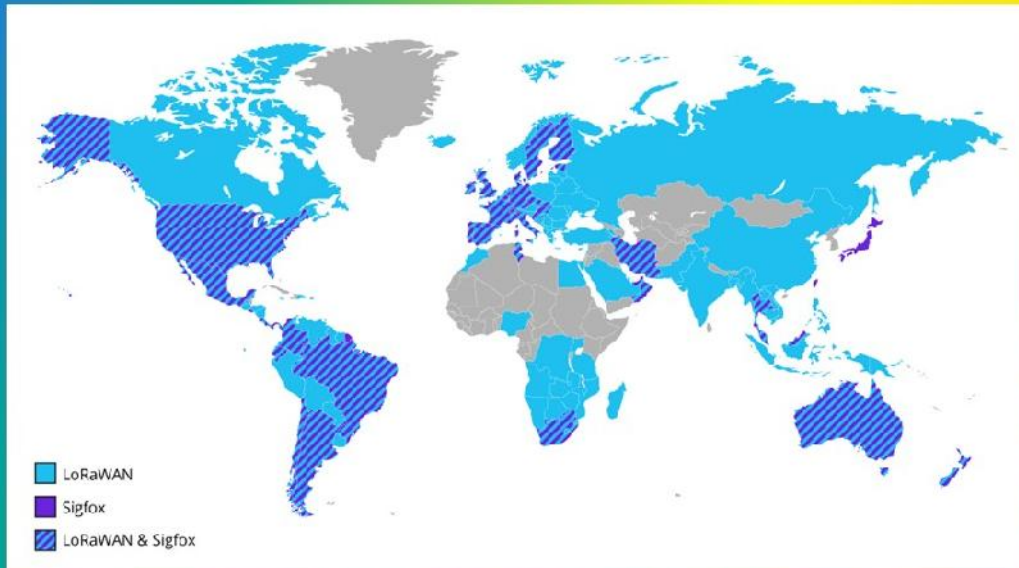
# Technologies de connectivité

## IoT Segment Trade-offs

SEMTECH

| LAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | LPWAN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Cellular                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Short Range<br>Communicating Devices                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Long Range w/ Battery<br>Internet of Objects                                                                                                                                                                                                                                                                                | Long Range w/Power<br>Traditional M2M                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Well established standards</li> <li>✓ Good for: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobile devices</li> <li>• In-home</li> <li>• Short range</li> </ul> </li> <li>☐ Not good: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Battery life</li> <li>• Long range</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Emerging PHY solutions</li> <li>✓ Good for: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Long range</li> <li>• Long battery</li> <li>• Low cost</li> <li>• Positioning</li> </ul> </li> <li>☐ Not good: <ul style="list-style-type: none"> <li>• High data-rate</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Well established standards</li> <li>✓ Good for: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Long range</li> <li>• High data-rate</li> <li>• Coverage</li> </ul> </li> <li>☐ Not good: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Battery life</li> <li>• Cost</li> </ul> </li> </ul> |

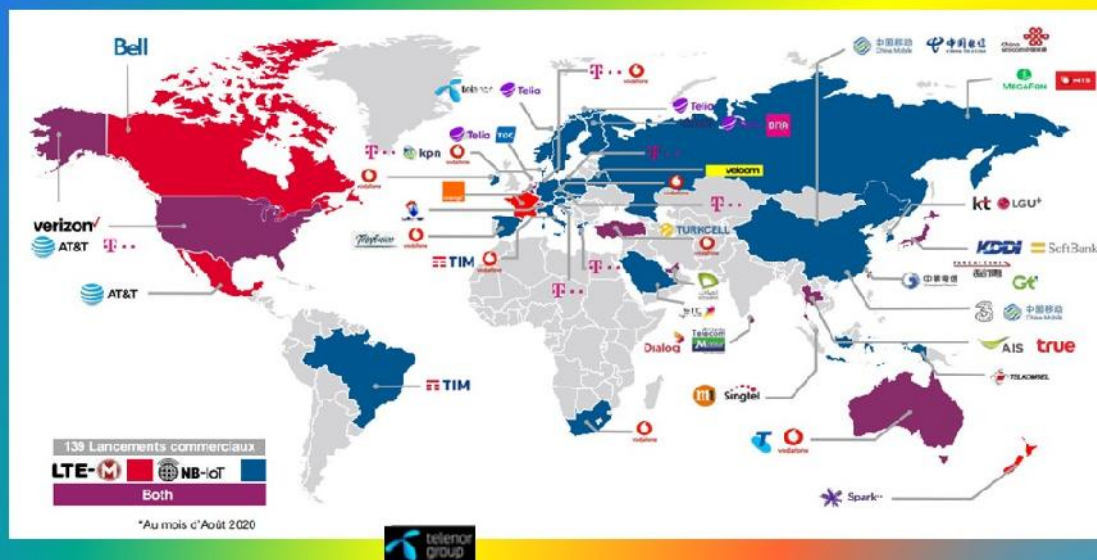
# Couverture LPWAN



Mr Ghazi Aziz

91

# Couverture IoT mobile 2020



Mr Ghazi Aziz

92



# L'IoT mobile dans le futur de la 5G



Mr Ghazi Aziz

93

## UPGRADED LEARNING KIT



# Plateformes et outils Open Source pour l'Internet des objets (IoT)

- [Zetta](#)
- [OpenRemote](#)
- [Node-RED](#)
- [Battement](#)
- [Mainspring M2MLabs](#)
- [ChosesBoard](#)
- [Kinoma](#)
- [Plateforme Kaa IoT](#)
- [SiteOù](#)
- [DSA](#)
- [Thinger](#)

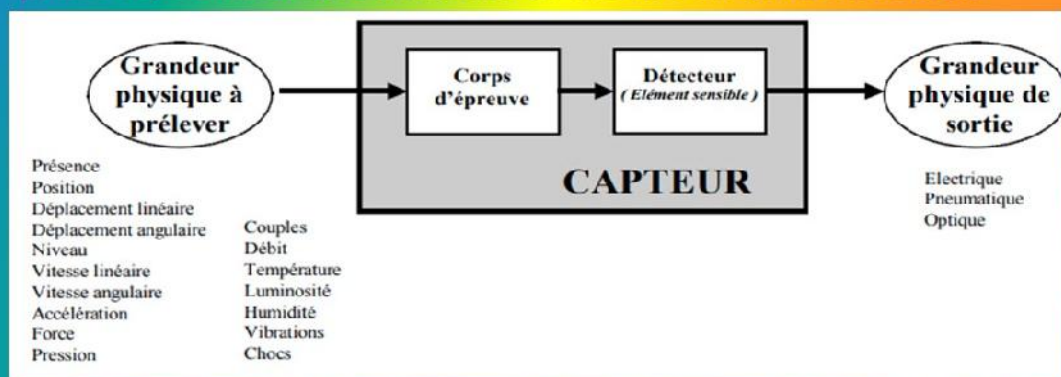
Mr Ghazi Aziz

95

## Capteurs

### DÉFINITION

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique (Information entrante) une autre grandeur physique de nature différente (Information sortante : très souvent électrique). Cette grandeur, représentative de la grandeur prélevée, est utilisable à des fins de mesure ou de commande..



Mr Ghazi Aziz

96



# Capteurs

Les capteurs IoT sont généralement de petite taille, ont un faible coût et consomment moins d'énergie. Les signaux produits par un capteur sont traités par un microcontrôleur pour l'interprétation, l'analyse et la prise de décision.



# Actionneurs

- Actionneur : une technologie complémentaire aux capteurs, convertit l'énergie électrique en mouvement ou énergie mécanique.
- Les actionneurs permettent de transformer l'énergie reçue en un phénomène physique (déplacement, dégagement de chaleur, émission de lumière ...).
- Exemple : Haut-parleurs qui convertissent les signaux électriques correspondants en sons ondes (acoustiques)

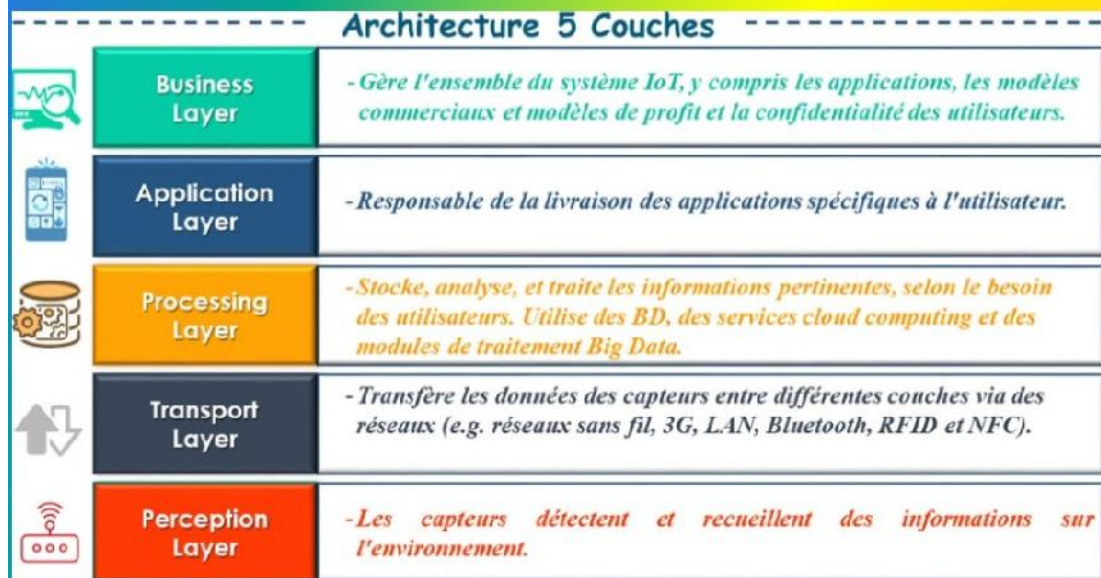


# Actionneurs

Les actionneurs, qui induisent un mouvement, peuvent être classés en 3 catégories:

- **Les actionneurs hydrauliques** facilitent le mouvement mécanique en utilisant un fluide ou une puissance hydraulique.
- **Les actionneurs pneumatiques** utilisent la pression de l'air comprimé; et
- **Les actionneurs électriques** utilisent l'énergie électrique

# Ecosystème IoT





## TPs

- Présentation de la technologie RFID + TP Contrôle des entrées/sorties avec le capteur RFID **Amadou Tidjani Maman Laouali 15**
- Présentation des moteurs pour Arduino + TP contrôle d'un servo-moteur **mamadou saFaïou**
- Présentation technologie IR + TP utilisation télécommande Arduino avec capteur IR
- Présentation commandes par Manette des SE+TP utilisation Manette Arduino **Mvouti Nganga 14**
- Présentation des systèmes de détection d'incendie + TP Utilisation du capteur de flamme **SOUMOUTERA ALY 16**
- Présentation des afficheurs Matrice de LED + TP utilisation de la MATRIX TUBE
- Présentation types d'afficheurs LCD + TP affichage données sur LCD I2C

## TP 4ième année BigData

- TP contrôle LED à partir d'une page web avec shield Ethernet et affichage de l'état sur écran LCD **emmanuelle**
- TP envoi des informations DHT11 via WIFI sur une page web et affichage de l'état sur écran LCD **yibo**
- TP envoi des informations du capteur de luminosité via WIFI sur une page web et affichage de l'état sur écran LCD **insafe**

## TPs

- TP FIREBASE MONITORING du NODEMCU Emmanuelle
- TP AWS IoT Amazon MONITORING du NODEMCU insaf
- TP Google Cloud IoT MONITORING du NODEMCU yiboe
- TP Cisco Kinetic IoT Platform MONITORING du NODEMCU

## Exposés

- Protocole 6LoWPAN
- LPWAN LORA
- Le protocole MQTT
- Utilisation de NodeRed comme serveur MQTT
- Microsoft Azure IoT
- The thing Network et LORAWAN
- Sécurité en Internet des objets



# PFE

1. Réalisation d'un Serveur de gestion d'une mine pour le tracking des personnes et des véhicules, ainsi que la communication par message avec le personnel à l'intérieur de la mine par LoraWAN et Node-Red .
2. Réalisation d'un système de gestion automatique de l'irrigation par pompage solaire et le suivi de la consommation d'eau et d'électricité à distance par GPRS et Node-Red
3. Réalisation d'un système domotique pour automatiser et sécuriser une habitation avec contrôle à distance par Node-Red.
4. Réalisation d'une station météo avec contrôle à distance par LoraWAN et Node-Red